

MINIMISASI LIMBAH INDUSTRI KULIT MELALUI OPTIMASI PRODUKSI

Euis Nurul Hidayah

Dosen Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jatim

e-mail : euisnh@yahoo.com

Abstrak

Penerapan minimisasi limbah dapat dilaksanakan melalui upaya optimasi produksi yaitu dengan melaksanakan daur ulang, daur pakai ataupun recovery. Pada hierarki pengelolaan limbah, minimisasi limbah merupakan strategi utama dalam pengelolaan limbah. Menemukan pendekatan pengelolaan limbah yang sedapat mungkin menekan jumlah limbah yang dihasilkan proses produksi industri kulit Magetan, sehingga pada akhirnya mampu menciptakan suatu pengelolaan lingkungan yang dapat mencegah terjadinya kerusakan lingkungan.

Adanya optimasi penggunaan bahan-bahan kimia di U.D Sumber Kulit kualitas air limbah yang dihasilkan sebelum optimasi dengan kadar = 90,09 mg/lit dan COD = 225,4 mg/lit, setelah dilakukan optimasi kualitas air limbah yang dihasilkan turun untuk BOD = 80,75 mg/lit dan COD = 204,77 mg/lit. Dengan efisiensi penurunan untuk BOD = 9,34 % dan COD = 20,63 %.

Upaya pelaksanaan minimisasi limbah dari tiap proses produksi melalui pengoptimalan dari pemakaian bahan kimia seperti : pencucian dan perendaman NaOH 0,25 %, kadar max = 0,1 - 0,2 %. upaya optimasi 0,05 %. Pengapuran Na_2S 4,5 %, kadar max = 2 - 4 % upaya optimasi = 0,5 % dari berat kulit mentah $\pm 8,64$ kg berlebihan.

Kata Kunci : minimasi limbah, optimasi, limbah kulit

Abstract

Applicaton of waste minimizing can be executed through effort of production optimizing that is implemented through Recycling, Reuse and or Recovery. In the hierarchy of waste management, waste minimizing is the primary strategy in management of waste. Finding approach of management of waste which is able to suppress the amount of wastes yielded by husk industry product process of Magetan as optimal as possible, so that in the end can create a management of environment that able to prevent the happening of damage of environment.

Existence of optimization of chemicals usage in UD Sumber Kulit quality of yielded waste water before optimization with rate = 90,09 mg / lit and COD = 225,4 mg / lit, after optimization was done quality of yielded waste water go down for BOD = 80,75 mg / lit and COD = 204,77 mg / lit. With degradation efficiency for BOD = 9,34 % and COD = 20,63 %.

Execution effort of waste minimization of each production process through optimalizing of usage of chemicals such as : prasoaking and soaking of NaOH 0,25 %, max rate = 0,1 - 0,2 %. effort of optimization 0,05% and Na_2S liming 4,5 %, max rate = 2 - 4 %. effort of optimization = 0,5 % from raw husk weight $\pm 8,64$ excessive weight.

Keywords : waste minimitation, optimation, waste of husk

Pendahuluan

Latar belakang

Penerapan minimisasi limbah dapat dilaksanakan melalui upaya optimasi produksi yaitu dengan melaksanakan daur ulang

(Recycling), daur pakai (Reuse) ataupun Recovery. Pada hierarki pengelolaan limbah, minimisasi limbah merupakan strategi utama dalam pengelolaan limbah.

Sebagai konsekwensinya, beban pencemaran akibat industri akan meningkat pula,

padahal daya dukung lingkungan terhadap buangan industri cenderung menurun.

Tujuan penelitian

Menemukan pendekatan pengelolaan limbah yang sedapat mungkin menekan jumlah limbah yang dihasilkan proses produksi industri kulit Magetan, sehingga pada akhirnya mampu menciptakan suatu pengelolaan lingkungan yang dapat mencegah terjadinya kerusakan lingkungan.

Perumusan masalah

Studi dilakukan pada teknik minimalisasi limbah sebagai upaya pengelolaan dan pengendalian limbah yaitu : penelitian dilakukan dengan menelusuri sumber-sumber limbah dan evaluasi teknologi, metode dan upaya-upaya yang diterapkan oleh pihak perusahaan dalam pengelolaan dan pengendalian limbah yang dihasilkan.

Teori

Pengelolaan Lingkungan termasuk didalamnya pengelolaan dan pengendalian limbah dari suatu kegiatan industri, merupakan bagian dari integratif yang perlu dievaluasi secara sistematis melalui suatu penelitian terhadap prosedur kerja atau operasi dari suatu perusahaan.

Proses pengolahan kulit atau penyamakan kulit adalah suatu proses mengolah kulit mentah (hides atau skin) menjadi kulit jadi atau kulit termasak (Leather) dengan menggunakan bahan penyamak pada proses penyamakan, semua bagian kulit mentah yang bukan collagen dihilangkan karena hanya collagen saja yang memakai bahan pokok yang dapat mengadakan reaksi dengan zat penyamak.

Upaya pencegahan polusi dari industri kulit dapat dilihat sebagai suatu strategi yang mempunyai komponen sebagai berikut :

1. Perubahan pada masukan bahan baku ke dalam sistem perindustrian, terutama pengurangan pemakaian bahan kimia yang mengandung racun dan sumber daya alami yang langka dan tidak dapat diperbarui.
2. Pengurangan limbah dengan menjadikan sistem perindustrian lebih efisien dalam mengkonversikan bahan baku menjadi produk dan limbah menjadi produk sampingan yang berharga.
3. Perubahan pada rancangan, komposisi, dan pengemasan produk guna menciptakan produk yang hijau atau yang disukai dari segi lingkungan hidup dengan memperkecil bahaya terhadap kesehatan umum dan lingkungan hidup terhadap sepanjang seluruh siklus kehidupan produk tersebut.

Teknik minimisasi limbah dapat diterapkan pada proses produksi dan pada operasional pekerjaan sehari-hari. Tujuan akhir dari usaha minimisasi limbah adalah mengurangi biaya operasi dengan kategori yang dilakukan adalah kontrol manajemen, modifikasi proses produksi, reduksi volume dan mengadakan usaha daur ulang on site atau off site.

Di dalam upaya pelaksanaan pengelolaan limbah, yang pertama harus dilaksanakan adalah upaya pencegahan, yaitu pengurangan volume atau bahaya limbah yang dikeluarkan ke lingkungan atau disebut juga minimisasi limbah.

Berbagai cara yang dapat digunakan untuk mereduksi limbah pada sumbernya :

1. Bahan baku
 - Pengelolaan bahan
 - Modifikasi bahan
2. Operasi
 - Pelatihan pekerja
 - Inisiatif manajemen
 - Pemeliharaan kebocoran dan luapan
 - Pengaturan kondisi operasi dan proses
3. Teknologi
 - Modifikasi proses
 - Re-desain perlengkapan
 - Otomatisasi peralatan
 - Perubahan modus operasi
4. Produk
 - Substitusi produk
 - Reformulasi produk

Pemanfaatan limbah akan sangat membantu dalam mengurangi jumlah limbah yang ada di lingkungan. Pemanfaatan limbah berarti memberikan nilai tambah pada limbah yang semula tidak mempunyai nilai ekonomis. Pelaksanaan pemanfaatan limbah dapat berlangsung secara *on-site* (di dalam pabrik yang bersangkutan) atau secara *off-site* (di luar pabrik yang bersangkutan). Pemanfaatan limbah dikelompokkan menjadi 3 (tiga) jenis :

1. Penggunaan kembali (*reuse*)

Penggunaan kembali adalah pemanfaatan limbah dengan jalan menggunakannya kembali untuk keperluan yang sama atau fungsinya sama, tanpa mengalami pengolahan / perubahan bentuk.

2. Daur ulang (*recycle*)

Daur ulang adalah upaya pemanfaatan limbah melalui pengolahan fisik / kimiawi, menghasilkan produk yang sama atau produk lain.

3. Perolehan kembali (recovery)

Perolehan kembali adalah upaya pemanfaatan limbah dengan jalan memprosesnya untuk memperoleh kembali salah satu atau lebih materi atau komponen yang terkandung didalamnya.

Metode

Lokasi penelitian bertempat di Desa Ringin Agung Kecamatan Magetan yang berlokasi di Jl. Teuku Umar No.5, Magetan.

Dalam permasalahan ini variabel yang akan ditentukan yaitu : perhitungan kualitas dan kuantitas sumber limbah yang ditekankan pada neraca massa pada tiap proses produksi, analisis BOD, COD dan pemanfaatan limbah (Reuse, Recycle, Recovery).

Data yang diperoleh dari pabrik, meliputi : urutan proses produksi yang dilakukan di BPTIK-LIK, Magetan, bahan yang digunakan disertai dengan prosentase yang dapat dijadikan patokan dalam tiap proses produksi penyamakan kulit, sumber dan karakteristik limbah cair dan limbah padat dari tiap proses produksi, prosentase bahan pencemar yang dibuang ke IPAL.

Data yang dicari dari penelitian lapangan, meliputi : jumlah keluaran limbah cair dan limbah padat dari tiap proses produksi melalui perhitungan neraca massa, analisis sumber dan karakteristik buangan baik, penanganan buangan penyamakan kulit sejauh ini sebelum dilakukan minimisasi.

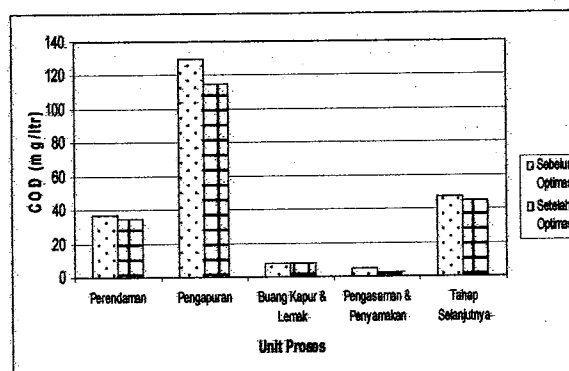
Pengolahan data dilakukan melalui evaluasi terhadap : perhitungan kualitas dan kuantitas sumber limbah, pemanfaatan limbah (Reuse, Recycle, Recovery), analisis BOD dan COD.

Hasil dan Pembahasan

Pengolahan yang ada di pabrik kulit U.D Sumber Kulit BPTIK setiap harinya adalah sebagai berikut :

- Kulit *wet blue* adalah kulit Sapi atau Kerbau, dianggap sebagai kulit kering dengan berat per lembarnya adalah $\pm 6,2$ kilogram. Kapasitas pengolahan per bulan adalah 1.500 lembar, dengan waktu 25 hari kerja, jadi total pengolahan 9.300 kg/bulan, atau 372 kg/hari.
- Kulit *pikel* adalah kulit Kambing atau Domba, dianggap sebagai kulit garaman dengan berat per lembarnya adalah $\pm 2,1$ kilogram. Kapasitas pengolahan per bulan adalah 7.370 lembar, dengan waktu 25 hari kerja, jadi total pengolahan 15.477 kg/bulan atau 619 kg/hari.
- Perhitungan dilakukan per hari, dengan pemakaian bahan kimia dan air untuk kedua proses kulit diatas adalah sama.

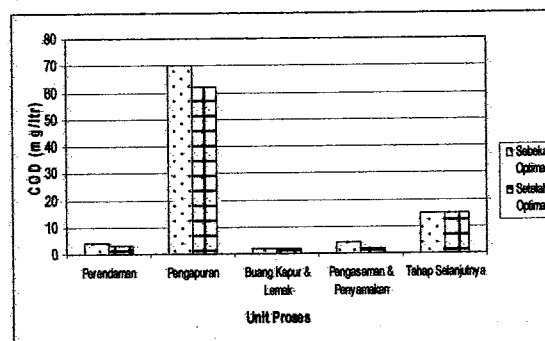
Upaya minimisasi limbah terhadap kadar BOD yang dibuang pada tiap proses produksi dijelaskan pada gambar 1



Gambar 1. Kadar BOD sebelum dan setelah dioptimasi

Proses perendaman (soaking) kadar BOD mencapai 2,8 mg/ltr setelah dilakukan optimasi menjadi 2,6 mg/ltr, terjadi peningkatan sebesar 7,14 % dari batas yang telah dipersyaratkan sebesar 2,5 mg/ltr. Sedangkan pada proses pengapuran kenaikan BOD mencapai 10,286 mg/ltr dengan batas syaratnya sebesar 63 mg/ltr yang sebelum dilakukan optimasi mencapai 70 mg/ltr tetapi setelah dilakukan optimasi dengan sedikit substitusi bahan yang mengandung racun dan penggunaan kembali limbah menjadi produk mencapai 62,8 mg/ltr. Untuk proses buang kapur dan tahapan selanjutnya kenaikan tidak terlalu signifikan, dan masih bisa ditolerir oleh badan air penerima.

Sedangkan upaya minimisasi limbah terhadap kadar COD yang dibuang pada tiap proses produksi dijelaskan pada gambar 2



Gambar 2. Kadar COD sebelum dan setelah dioptimasi

Proses perendaman kadar COD mencapai 37 mg/ltr, setelah dilakukan optimasi dalam konversi bahan kimia 0,05 % maka kadarnya

mencapai 33,2 mg/l dengan penekanan pada penggunaan bahan antiseptik dan penambahan air sehingga bisa memenuhi nilai ambang yang diijinkan yaitu sebesar 33 mg/l. Untuk proses pengapuran kadar COD = 131 mg/l dengan sedikit pengurangan bahan kimia 0,5 % maka kadar COD mencapai 116,5 mg/l disamping didapat kualitas kulit yang bagus. Pada proses buang kapur dan lemak memiliki kadar air = 7,33 %, kadar protein = 37,14 %, kadar lemak = 21,8 %, kadar abu (CaO & P₂O₅) = 7,23 %, kapur dan serat kasar masing-masing = 1,6 % dan 6,31 %. Untuk proses penyamakan & pengasaman mencapai 4 mg/l, tapi setelah dilakukan optimasi kadarnya menjadi 1,67 mg/l nilainya berada dalam ambang batas 2 mg/l.

Pelaksanaan minimisasi limbah

1. Persiapan kulit mentah

Potongan kulit mentah ini (khusus untuk kulit kering), yang selama ini hanya dijual sebagai bahan makanan yaitu kerupuk rambak dan proses pembuatannya dapat langsung dibuat, karena belum terkena bahan-bahan kimia untuk penyamakan. Berarti selama ini limbah padat pada proses persiapan kulit mentah tidak ada masalah karena telah melaksanakan aspek minimisasi limbah yaitu aspek reuse. pemanfaatan buangan lain dari proses trimming kulit mentah ini adalah sebagai bahan pembuatan karpet atau permadani, sebagai bahan baku industri farmasi / medis, yaitu untuk pembuatan kapsul dan plester, pembuatan perekat (glue)

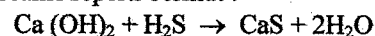
2. Pencucian dan perendaman (Pra Soaking dan Soaking)

Pada proses ini (perendaman) perlu pengoptimalan dalam pemakaian bahan kimia NaOH, disini pihak U.D Sumber Kulit BPTIK dalam penggunaan bahan kimia NaOH adalah 0,25% dari berat kulit. Untuk penambahan bahan kimia yang diijinkan adalah 0,1 – 0,2% (BPPI Madiun, 2001), setelah dilakukan uji kualitas untuk karakteristik buangan dari proses ini (perendaman) kadar BOD = 2,8 mg/l dan kadar COD = 37 mg/l (standart karakteristik buangan cair tiap proses produksi dapat dilihat pada tabel 2.7.2). Pada proses ini perlunya penekanan dalam penambahan bahan kimia NaOH ± 0,05% dari berat kulit, dengan penambahan air dan zat anti septik yang sama mampu menurunkan kualitas air limbah yang dihasilkan (BOD = 2,6 mg/l dan COD = 33,2 mg/l) sesuai dengan nilai ambang batas yang diijinkan. Untuk buangan padat dipisahkan dari airnya dengan melewati bahan buangan tersebut melalui sebuah saringan

(screening) dan padatan hasil saringan dikumpulkan untuk dijadikan bahan pembuat perekat (glue) atau dikumpulkan dengan buangan proses selanjutnya yang juga mengandung banyak protein, seperti buangan dari proses buang daging dan proses buang kapur ulang, untuk selanjutnya dibuat sebagai bahan makanan ternak unggas. Alternatif lain adalah dikumpulkan dan dikeringkan dalam saringan pasir (sand drying beds), kemudian dapat dipergunakan sebagai pupuk tanaman karena banyak mengandung bahan nutrient untuk pertumbuhan tanaman.

3. Proses pengapuran (Liming)

Pengoptimalan pada proses ini penekanan terutama dalam pemakaian Na₂S, pihak U.D Sumber Kulit BPTIK-LIK untuk penambahan kimia untuk Na₂S 4,5%, menurut BPPI Madiun penambahan yang diijinkan 2 – 4 % disini terdapat kelebihan 0,5% bila dihitung dari berat kulit ± 8,64 kg berlebih, dan karakteristik untuk buangan proses ini kandungan BOD = 62 mg/l dan COD = 131 mg/l. Maka U.D Sumber Kulit BPTIK-LIK perlu mengurangi dalam pemakaian Na₂S sampai 0,5% disamping mendapatkan kualitas kulit yang bagus, kadar kualitas air yang dihasilkan untuk BOD = 62 mg/l dan COD = 116,5 mg/l. Penanganan yang tepat untuk buangan yang dihasilkan dari proses pengapuran ini harus didasarkan pada karakteristik buangan tersebut, diantaranya menangkap gas H₂S yang timbul dengan memberikan larutan kapur (Ca(OH)₂), dimana akan bereaksi seperti berikut :



Pemanfaatan dari buangan ini yaitu Sulfida yang ditangkap dengan baik dengan Ca(OH)₂ dapat dipergunakan sebagai bahan untuk proses buang bulu lagi, padatan yang dipisahkan dari larutannya dapat digunakan sebagai bahan pembuat perekat (glue) atau dikeringkan dalam saringan pasir untuk dibuat sebagai pupuk tanaman sedangkan air buangan yang bebas dari padatan dapat dipergunakan untuk proses pengapuran ulang.

4. Proses buang daging (Fleshing)

Dalam proses ini yang perlu dioptimalkan adalah dalam pemanfaatan limbah. Bahan buangan proses fleshing yaitu sisa-sisa daging dalam bentuk padatan setelah terlebih dahulu dikeringkan, maka kandungan yang terdapat dalam proses buangan tersebut seperti terlihat pada tabel 4.6. analisa buangan pada proses buang daging. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kadar protein dalam

mencapai 33,2 mg/l dengan penekanan pada penggunaan bahan antiseptik dan penambahan air sehingga bisa memenuhi nilai ambang yang diijinkan yaitu sebesar 33 mg/l. Untuk proses pengapuran kadar COD = 131 mg/l dengan sedikit pengurangan bahan kimia 0,5 % maka kadar COD mencapai 116,5 mg/l disamping didapat kualitas kulit yang bagus. Pada proses buang kapur dan lemak memiliki kadar air = 7,33 %, kadar protein = 37,14 %, kadar lemak = 21,8 %, kadar abu (CaO & P₂O₅) = 7,23 %, kapur dan serat kasar masing-masing = 1,6 % dan 6,31 %. Untuk proses penyamakan & pengasaman mencapai 4 mg/l, tapi setelah dilakukan optimasi kadarnya menjadi 1,67 mg/l nilainya berada dalam ambang batas 2 mg/l.

Pelaksanaan minimisasi limbah

1. Persiapan kulit mentah

Potongan kulit mentah ini (khusus untuk kulit kering), yang selama ini hanya dijual sebagai bahan makanan yaitu kerupuk rambak dan proses pembuatannya dapat langsung dibuat, karena belum terkena bahan-bahan kimia untuk penyamakan. Berarti selama ini limbah padat pada proses persiapan kulit mentah tidak ada masalah karena telah melaksanakan aspek minimisasi limbah yaitu aspek reuse. pemanfaatan buangan lain dari proses triming kulit mentah ini adalah sebagai bahan pembuatan karpet atau permadani, sebagai bahan baku industri farmasi / medis, yaitu untuk pembuatan kapsul dan plester, pembuatan perekat (glue)

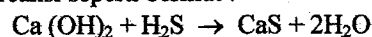
2. Pencucian dan perendaman (Pra Soaking dan Soaking)

Pada proses ini (perendaman) perlu pengoptimalan dalam pemakaian bahan kimia NaOH, disini pihak U.D Sumber Kulit BPTIK dalam penggunaan bahan kimia NaOH adalah 0,25% dari berat kulit. Untuk penambahan bahan kimia yang diijinkan adalah 0,1 – 0,2% (BPPI Madiun, 2001), setelah dilakukan uji kualitas untuk karakteristik buangan dari proses ini (perendaman) kadar BOD = 2,8 mg/l dan kadar COD = 37 mg/l (standart karakteristik buangan cair tiap proses produksi dapat dilihat pada tabel 2.7.2). Pada proses ini perlunya penekanan dalam penambahan bahan kimia NaOH ± 0,05% dari berat kulit, dengan penambahan air dan zat anti septik yang sama mampu menurunkan kualitas air limbah yang dihasilkan (BOD = 2,6 mg/l dan COD = 33,2 mg/l) sesuai dengan nilai ambang batas yang diijinkan. Untuk buangan padat dipisahkan dari airnya dengan melewati saringan

(screening) dan padatan hasil saringan dikumpulkan untuk dijadikan bahan pembuat perekat (glue) atau dikumpulkan dengan bahan buangan proses selanjutnya yang juga mengandung banyak protein, seperti bahan buangan dari proses buang daging dan proses kapur ulang, untuk selanjutnya dibuat sebagai bahan makanan ternak unggas. Alternatif lain adalah dikumpulkan dan dikeringkan dalam saringan pasir (sand drying beds), kemudian dapat dipergunakan sebagai pupuk tanaman karena banyak mengandung bahan nutrient untuk pertumbuhan tanaman.

3. Proses pengapuran (Liming)

Pengoptimalan pada proses ini perlu ditekan terutama dalam pemakaian Na₂S, pihak U.D Sumber Kulit BPTIK-LIK untuk penambahan kimia untuk Na₂S 4,5%, menurut BPPI Madiun penambahan yang diijinkan 2 – 4% disini terdapat kelebihan 0,5% bila dihitung dari berat kulit ± 8,64 kg berlebih, dan karakteristik untuk buangan proses ini kandungan BOD = 70 mg/l dan COD = 131 mg/l. Maka U.D Sumber Kulit BPTIK-LIK perlu mengurangi dalam pemakaian Na₂S sampai 0,5% disamping mendapatkan kualitas kulit yang bagus, kadar kualitas air yang dihasilkan untuk BOD = 62,8 mg/l dan COD = 116,5 mg/l. Penanganan yang tepat untuk buangan yang dihasilkan dari proses pengapuran ini harus didasarkan pada karakteristik buangan tersebut, diantaranya menangkap gas H₂S yang timbul dengan memberikan larutan kapur (Ca(OH)₂), dimana akan bereaksi seperti berikut :



Pemanfaatan dari buangan ini yaitu Sulfida yang ditangkap dengan baik dengan Ca(OH)₂ dapat dipergunakan sebagai bahan proses buang bulu lagi, padatan yang dipisahkan dari larutannya dapat digunakan sebagai bahan perekat (glue) atau dikeringkan dalam saringan pasir untuk dibuat sebagai pupuk tanaman, sedangkan air buangan yang bebas dari padatan dapat dipergunakan untuk proses pengapuran ulang.

4. Proses buang daging (Fleshing)

Dalam proses ini yang perlu dioptimalkan adalah dalam pemanfaatan limbah. Bahan buangan proses fleshing yaitu sisa-sisa daging dalam bentuk padatan setelah terlebih dahulu dikeringkan, maka kandungan yang terdapat dalam proses buangan tersebut seperti terlihat pada tabel 4.6. analisa buangan padat proses buang daging. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kadar protein dalam

buangan proses buang daging cukup besar dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan ransum / makanan ternak, biasanya untuk ternak Unggas, Ayam dan Itik.

Kesimpulan

Studi pelaksanaan Minimisasi Limbah melalui Optimasi sistem produksi di U.D Sumber Kulit BPTIK-LIK Magetan mampu menurunkan kualitas air limbah, dari limbah yang dihasilkan sebelum optimasi \pm 25.000 liter bercampur kotoran dan setelah dilakukan optimasi 24929,906 liter air.

Adanya optimasi penggunaan bahan-bahan kimia di U.D Sumber Kulit kualitas air limbah yang dihasilkan sebelum optimasi dengan kadar = 90,09 mg/lit dan COD = 225,4 mg/lit, setelah dilakukan optimasi kualitas air limbah yang dihasilkan turun untuk BOD = 80,75 mg/lit dan COD = 204,77 mg/lit. Dengan efisiensi penurunan untuk BOD = 9,34 % dan COD = 20,63 %.

Upaya pelaksanaan minimisasi limbah dari tiap proses produksi melalui pengoptimalan dari pemakaian bahan kimia seperti :

- Pencucian dan Perendaman (Prasoaking dan Soaking)
NaOH 0,25 %, Kadar max = 0,1 - 0,2 %.
Upaya optimasi 0,05 %.
- Pengapuran (Liming)
Na₂S 4,5 %, Kadar max = 2 - 4 %.Upaya optimasi = 0,5 % dari berat kulit mentah \pm 8,64 kg berlebih.

Daftar Pustaka

- Alaerts, G., dan Santika, S., 1984, " *Metoda Penelitian Air* ", Usaha Nasional, Surabaya.
- Anonim, 2001, " *Bahan Kursus Audit Lingkungan* ", ITS, Surabaya

- (<http://www.ecoton.or.id/search/15.htm>).
- Anonim, 2002, " *Laporan Pemanfaatan Buangan Mengandung Chrom Sebagai Bahan Penyamak Kulit* ", BPPI Madiun.
(<http://www.ies.wisc.edu/research/wrm00/educhydro.htm>).
- Carney, G., 2001, " *Environmental Engineering* ". Bristol Polytechnic, New York United States Of America.
- Djarwanti, P., Ir,1999" , *Laporan Pemanfaatan Buangan Mengandung Chrom II* " , BPPI Semarang
- Dix, H. M., 1981, " *Environmental Pollution* ". Vail-Ballon Press, New York United State Of America.
- Kurniawan, P., 1997, " *Minimisasi Limbah Melalui Penerapan Teknologi Bersih Industri Gula Kediri* " , *Program Skripsi Teknik Lingkungan UPN "Veteran"* , Surabaya.
- Kristanto, P., 2002, " *Teknologi Bersih Dan Penerapannya Dalam Industri* " , Universitas Khatolik Dharma Cendika, Surabaya.
- Marihati, Ir, 1986. " *Laporan Penelitian Desain Pengolahan Air Buangan Industri Penyamakan Kulit Proses krom Tahap I, II, III* " (<http://www.scs.ies.wisc/research/wrm00/educhydro.htm>)
- Razif, M., 1993, " *Dampak Pembangunan Industri pada Ekosistem Perairan dan Penanganannya* ", Type A, ITS-BAPEDAL, Surabaya.
- Soeroso, Ir. Dkk, 1985. " *Laporan Penelitian Pemanfaatan Limbah Padat Industri Penyamakan Kulit Untuk Bahan Baku Industri* ". BPPI Madiun.